

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Gregow, Ivan**

## **Mögliche Abmessungen eines Motorgüterschiffes für den Bereich der unteren Donau in Abhängigkeit von den Navigationsbedingungen**

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schifffahrt Schriftenreihe

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105915>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Gregow, Ivan (1969): Mögliche Abmessungen eines Motorgüterschiffes für den Bereich der unteren Donau in Abhängigkeit von den Navigationsbedingungen. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schifffahrt Schriftenreihe 15. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 6-29.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Mögliche Abmessungen eines Motorgüterschiffes  
für den Bereich der unteren Donau in Abhängig-  
keit von den Navigationsbedingungen

Dipl.-Ing. Ivan Gergow

NIIT - Sektion Binnenschifffahrt, Russe

Manuskripteingang März 1969

Die ständig steigenden Transportmengen aus dem Einzugsgebiet des Dnepr (Donbaß, Saporoshje, Krivoj Rog u.a.) in den Donauraum lassen die Frage des direkten Verkehrs zwischen beiden Stromgebieten immer aktueller erscheinen. Damit verdient die Frage des optimalen Schiffstyps und der in Abhängigkeit von den Bedingungen des Einsatzgebiets zu wählenden Hauptabmessungen besondere Aufmerksamkeit. Die Lösung aller hiermit im Zusammenhang stehenden Probleme erfordert noch umfangreiche Forschungsarbeit und ist im Rahmen dieses Beitrags nicht möglich, doch sollen hier einige der wesentlichsten Determinanten, die aus den Schifffahrtsbedingungen der unteren Donau resultieren, behandelt und die voraussichtlichen Hauptabmessungen von Motorgüterschiffen für diesen Fahrtbereich ermittelt werden.

# 1. Ausgangsgrößen

## 1.1. Schifffahrtsbedingungen auf der unteren Donau

### 1.1.1. Geringste Fahrwasserabmessungen

Nach den navigatorischen Bedingungen wird die untere Donau in zwei Abschnitte unterteilt, deren wichtigste Daten in Tafel 1 enthalten sind.

Tafel 1

km	Länge des Ab- schnitts / km /	Gefälle bei NNRN / cm/km /	Breite Flußbett bei NW / m /	Kleinste Wassertie- fe bei NNRN / m /	Strömungs- geschwindigk. bei NW / km/h /	Anz. der krit. Abschn.
931...170	761	6,5...1,3	400... 800	1,9...2,1	2,8...4,5	36
170... 0	170	1,1...0,0	120...1200	7,3	1,0...3,3	11

Die Angaben zur Breite und Strömungsgeschwindigkeit sind Mittelwerte für die Navigationsperiode, die Angaben zur Wassertiefe beziehen sich auf die Tauchtiefen bestimmenden Schwellen bei "niedrigem Navigations- und Regulationsniveau" (NNRN). Die Anzahl der Schwellen und schwierigen Abschnitte bei Niedrigwasser wurde aus Unterlagen der Donaukommission ermittelt.

Die kleinsten Fahrwasserabmessungen bei NNRN sowie nach den Empfehlungen der Donaukommission enthält Tafel 2.

Tafel 2

km	Fahrwassertiefe [ m ]			Fahrwasserbreite [ m ]			Krümmungsradien [ m ]		
	Stand	Ausbauziel		Stand	Ausbauziel		Stand	Ausbauziel	
	1.11. 1966	1.   2. Etappe		1.11. 1966	1.   2. Etappe		1.11. 1966	1.   2. Etappe	
931	1,9	2,5	3,5	70	100	200	1000	750	1000
...170	..2,2			..200	..180		..1500		
170	7,3	7,3	7,3	60	60	60	750	750	1000
... 0	..9,0			..200			..1000		

Neben den kleinsten Fahrwasserabmessungen werden auch die entsprechenden Mittelwerte sowie die Transittiefe in Abhängigkeit vom Wasserstand benötigt.

#### 1.1.2. Mittlere Strömungsgeschwindigkeit

Bedauerlicherweise liegen die Längsprofile für alle Abschnitte der unteren Donau nicht vor, aus denen die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten ermittelt werden könnten. Zur Verfügung stehen lediglich die Ergebnisse der Auswertung von 14 Meßpunkten im Abschnitt km 845 ... 375. Die Ergebnisse der von N. Mladenow (UPPD) durchgeführten Messungen werden in Tafel 3 und Bild 1 dargestellt.

Häufigkeit des Wasser- standes (kumulativ) [ % ]	km 845...375 Pegel: Russe		Stromabschnitt km 845...595 Pegel: Lom		km 590...375 Pegel: Russe	
	Wasser- stand	v <sub>W</sub>	Wasser- stand	v <sub>W</sub>	Wasser- stand	v <sub>W</sub>
	[ cm ]	[ km/h ]	[ cm ]	[ km/h ]	[ cm ]	[ km/h ]
1	787	5,60	797	5,36	787	5,88
5	717	5,44	737	5,20	717	5,73
10	632	5,22	663	4,99	632	5,53
20	545	4,96	575	4,71	545	5,28
30	483	4,75	515	4,51	483	5,09
40	423	4,55	460	4,31	423	4,91
50	369	4,35	405	4,11	369	4,73
60	320	4,16	359	3,92	320	4,56
70	271	3,97	314	3,73	271	4,38
80	220	3,75	265	3,54	220	4,47
90	110	3,27	166	3,08	110	3,73

### 1.1.3. Mittlere Fahrwassertiefe

In letzter Zeit wurde die Geschwindigkeit von Binnenschiffen bzw. Verbänden bei konstanter Wassertiefe und gegebenem Gefälle nach üblichen Verfahren ermittelt. Mangels exakter Daten der Wassertiefe der unteren Donau wurden derartige Berechnungen jedoch bisher stark erschwert. Für den Donauabschnitt km 845 ... 375 wurde jetzt das Verhältnis zwischen Wasserstand (Pegelstand) und mittlerer Fahrwassertiefe ermittelt; es gilt:

$$h_m = 1,046 H + 540 \text{ [ cm ]}$$

$h_m$  = mittlere Fahrwassertiefe km 845 ... 375

$H$  = Wasserstand Pegel Russe

Dieses Verhältnis zwischen Fahrwassertiefe und Wasserstand (siehe auch Bild 2!) gilt in den Grenzen  $90 < H < 800 \text{ [ cm ]}$ .

Die Untersuchungen zur Ermittlung der Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit von der Fahrwassertiefe bei verschiedenen Wasserständen werden z.Zt. noch fortgesetzt.

### 1.1.4. Transittiefe

Von größter praktischer Bedeutung für die Konzipierung der Hauptabmessungen sind die Transittiefen, d.h. die auf bestimmten Streckenabschnitten vorhandenen Mindest-Fahrwassertiefen, und deren Häufigkeitsverteilung in Abhängigkeit vom Wasserstand. Die garantierten Transittiefen auf der unteren Donau im kritischen Niedrigwasserjahr 1962 sind nach Nikolow [3] in Bild 3 dargestellt. Die Linie der garantierten Transittiefe bildet die Grundlage für die Festlegung des maximalen Tiefgangs des Schiffes.

Die Ermittlung des optimalen Schiffstyps in Abhängigkeit von den Navigationsbedingungen des Donauabschnitts km 845 ... 375 kann an Hand der Daten der Tafel 4 erfolgen.

Tafel 4

## Navigationsbedingungen der unteren Donau km 845 ... 375

Ifd. Nr.	Wasser- stand Pegel Russe [ cm ]	Häufigkeit (kumulativ) 1921 ... 1960		Transit- tiefe [ dm ]	mittlere Fahrwasser- tiefe [ m ]	mittlere Strömungsge- schwindigk. [ km/h ]
		[ % ]	[ d ]			
1	14	100	365,0	16	5,20	2,62
2	68	98	357,9	17	6,05	3,07
3	128	92,5	338,0	19	6,70	3,32
4	167	88	321,0	21	7,10	3,52
5	202	83	303,0	23	7,50	3,68
6	234	77,6	282,2	25	7,80	3,80
7	266	71,0	259,4	27	8,15	3,95
8	297	65,5	239,0	29	8,50	4,08
9	328	58,8	215,0	31	8,80	4,18
10	360	53,0	193,3	33	9,12	4,32
11	392	46,6	170,0	35	9,48	4,48
12	424	40,6	148,0	37	9,80	4,54
13	455	34,9	127,4	39	10,12	4,66
14	487	29,3	107,0	41	10,48	4,76
15	520	24,1	88,0	43	10,80	4,86
16	552	18,0	68,8	45	11,12	4,98

1.2. Hauptkenndaten häufiger Schiffstypen

Neben den navigatorischen Bedingungen der unteren Donau werden zur Ermittlung ihrer Einsatzmöglichkeit die wichtigsten Kenndaten der für andere Einsatzgebiete gebauten Schiffe benötigt. Diese wurden in Tafel 5 zusammengestellt.

Tafel 5

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Dimension	Schiffstyp (Projekt) und Klasse					
			781	Rhein	2-95A	1565	570	1566
			$\frac{4}{P+C}$	.	$\frac{4}{P+C}$	"0"	$\frac{4}{P+C}$	"0"
1	L <sub>ü.a.</sub>	m	96,00	100,12	114,00	138,30	120,00	238,30
2	L <sub>L</sub>	m	92,00	95,60	110,00	135,00	112,00	235,00
3	B <sub>ü.a.</sub>	m	13,23	12,05	13,23	16,75	15,00	16,75
4	B	m	13,00	12,00	13,00	16,50	15,00	16,50
5	H	m	5,50	3,10	5,50	5,50	6,50	5,50
6	T	m	3,46	2,92	3,44	3,53	3,30	3,50
7	C	-	0,784	0,882	0,825	0,851	0,766	0,825
8	$\beta$	-	0,997	-	0,994	0,996	-	0,997
9	$\eta = \frac{V}{LBT}$	-	0,650	0,710	0,692	0,754	0,594	-
10	Q	t	2000	2000	2700	5000	2500	9480
11	V	m <sup>3</sup>	3236,-	2955,4	4062,-	6750,-	4210,-	11740
12	N	PS	1320,-	1200,-	1400,-	1800,-	1600,-	1800,-
13	v	km/h	20,00	18,50	20,00	20,00	21,80	14,22
14	B/L	-	0,141	0,126	0,118	0,122	0,134	0,070
15	L/B	-	7,08	7,98	8,46	8,19	7,47	14,25
16	B/T	-	3,75	4,11	3,75	4,67	4,55	4,67
17	H/T	-	1,59	1,06	1,60	1,55	1,97	1,57

## 2. Ermittlung der Hauptabmessungen der Schiffe in Abhängigkeit von den Navigationsbedingungen

### 2.1. Allgemeine Gesichtspunkte bei der Ermittlung der Abmessungen

Für nicht kanalisierte Flüsse wie die untere Donau sind bestimmte Abschnitte mit schwierigen navigatorischen Bedingungen, besonders bei Niedrigwasser, charakteristisch. In der Regel limitieren solche Abschnitte die Hauptabmessungen der Schiffe. Dies erfordert eine eingehende Analyse dieser kritischen Abschnitte und deren Berücksichtigung bei der Festlegung der Hauptabmessungen. Hauptforderung ist, daß jeder Schiffstyp im gesamten vorgesehenen Einsatzgebiet ungefährdet fahren kann. Im einzelnen müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Die geplanten Abmessungen des Schiffes müssen den Abmessungen des Fahrwassers in den engsten und krümmungsreichsten Abschnitten entsprechen.
2. Der Betriebstiefgang des Schiffes muß der Transittiefe des ungünstigsten Stromabschnitts angepaßt sein.
3. Manövrierfähigkeit und Besetzung müssen die Passage der Engstellen und Bögen mit kleinstem Radius gestatten.

Bei der Festlegung der maximalen Abmessungen der Schiffe und besonders auch bei der Prüfung der Verwendbarkeit von für andere Einsatzgebiete geplanten Einheiten können wir uns auf eine oder einige wenige kritische Krümmungen der unteren Donau beschränken. Dabei sind zu berücksichtigen: Krümmungsradius, Fahrwasserbreite und -tiefe sowie Strömungsgeschwindigkeit (vergl. Tafel 1 und 2). Zur Ermittlung der maximalen Schiffsabmessungen wenden wir die vereinfachte Methode von Pawlenko [4] an und zeichnen danach die entsprechenden Diagramme für den derzeitigen und den geplanten Ausbauzustand.

## 2.2. Aufbau der Diagramme für die kritischen Abschnitte der unteren Donau

Nach den Daten aus den Tafeln 1 ... 3 können die Diagramme für beide Abschnitte und die jeweils schwierigsten Navigationsbedingungen beim derzeitigen Zustand sowie nach Durchführung einiger hydrotechnischer und anderer Arbeiten zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen gemäß den Empfehlungen der Donaukommission gezeichnet werden. Grundlage dieser Diagramme sind: Krümmungsradius ( $R$ ), Fahrwasserbreite ( $b$ ) und Strömungsgeschwindigkeit im Fahrwasser ( $v_w$ ). Variiert werden die Fahrgeschwindigkeit des Schiffes - 8; 12; 16; 20; 24 km/h - und das Verhältnis von Breite zu Länge ( $B/L$ ) - 0,200; 0,150; 0,125; 0,100; 0,075). Nach [4] werden die Grenzwerte für die Schiffslänge, getrennt nach Tal- und Bergfahrt, bestimmt, auf der Abszisse abgetragen und über das konstant angenommene Verhältnis  $B/L$  die entsprechenden zugehörigen Schiffsbreiten ermittelt.



Bild 4 zeigt das so aufgebaute Diagramm für den ersten Donauabschnitt und die derzeitigen Schifffahrtsbedingungen, Bild 5 nach der 1. Etappe und Bild 6 nach der 2. Etappe des vorgesehenen Ausbaus. Bild 7 betrifft den zweiten Donauabschnitt.

### 2.3. Untersuchung der Einsetzmöglichkeiten von für andere Fahrtgebiete gebauten Schiffe mittels der Diagramme

#### 2.3.1. Donauabschnitt km 931 ... 170

Die Anwendung der Diagramme der kleinsten Krümmungsradien zur Ermittlung ihrer Passierbarkeit soll an folgendem Beispiel gezeigt werden:

Ausgehend von der Geschwindigkeit gemäß Tafel 5 soll ermittelt werden, welche Schiffe unter den gegebenen Bedingungen noch die Krümmung mit kleinstem Radius im ersten Donauabschnitt passieren können. Wir suchen zu diesem Zweck auf Bild 4 die Koordinaten der Länge und Breite für jedes Schiff und stellen fest, daß - gute Manövrierfähigkeit vorausgesetzt - alle aufgeführten Motorgüterschiffe mit Ausnahme des Projekts 1566 eingesetzt werden und auch die kritischste Krümmung noch mit voller Geschwindigkeit passieren könnten. Nach Ausbau der unteren Donau könnte gemäß Bild 5 und 6 auch der Schiffstyp Projekt 1566 ohne Schwierigkeiten zum Einsatz kommen.

Bemerkenswert ist, daß bei Vergrößerung der Fahrwasserbreite auf 100 m sogar große Schubverbände mit  $B = 22$  m bei einer Geschwindigkeit von 16 km/h bis zu Verbandslängen von 245 m in der Talfahrt bzw. 275 m in der Bergfahrt die kritischen Engpässe passieren könnten. Bei Verbreiterung des Fahrwassers auf 150 m könnten selbst dreireihige Verbände ( $B = 33$  m) bei gleicher Geschwindigkeit mit Längen von 330 bzw. 380 m zum Einsatz kommen. Dabei wird in den kritischen Krümmungen bei schwierigsten Navigationsbedingungen (etwa an 20 Tagen im Jahr) Ein-Richtungsverkehr vorausgesetzt. Bei höheren Wasserständen sind die Fahrwasserbreiten erheblich größer und gestatten den zweischiffigen

Verkehr auch für derartige Groß-Schubverbände. Wir kommen somit zu dem Ergebnis, daß die Fahrwasserverhältnisse im ersten untersuchten Donauabschnitt den sicheren und ungehinderten Betrieb der genannten Motorgüterschiffstypen sowie auch kleinerer Schubverbände gestatten. Die Abmessungen können, den von der Donaukommission festgelegten Schleusenabmessungen für die untere Donau entsprechend, bis zu 300 ... 310 x 33 m erreichen.

### 2.3.2. Donauabschnitt km 170 ... 0

Auch auf dem unteren Donauabschnitt gestatten die kritischen Krümmungen lediglich nicht den Einsatz von Projekt 1566, während alle übrigen Motorgüterschiffstypen ohne Schwierigkeiten passieren können. Da der Engpaß dieses Abschnitts sich im Strom-km 48...47 befindet, schränkt er vor allem die Zufahrt größerer Seeschiffe zu den Häfen Ismail, Reni, Gallatz und Braila ein. In diesem Zusammenhang ist freilich auch die Frage der maximal möglichen Abmessungen von Seeschiffen, begrenzt durch die kritische Krümmung km 48 ... 47, von Interesse. Hier ist zu differenzieren;

1. maximale Abmessungen von Seeschiffen bei gelegentlichem Anlaufen der genannten Häfen,
2. maximale Abmessungen von Seeschiffen bei regelmäßigem Anlaufen und
3. maximale Abmessungen von See-Binnenschiffen im Verkehr mit bulgarischen Donauhäfen.

Bei der Ermittlung maximaler Abmessungen von Seeschiffen gehen wir von einem repräsentativen B/L-Verhältnis und einer Geschwindigkeit, die eine gute Manövrierfähigkeit sichert, aus. Nach [2] variiert das B/L-Verhältnis von Seefrachtschiffen in engen Grenzen von 0,154 ... 0,117. Bei einem angenommenen Mittelwert von  $B/L = 0,135$  und einer Geschwindigkeit von 12 km/h ergeben sich bei gelegentlichem Anlaufen maximale Abmessungen von  $L_L \approx 148$  m und  $B_{ü.a.} \approx 20$  m. Diese Abmessungen sind im Zusammenhang mit dem zulässigen Tiefgang zu sehen, der die Tragfähigkeit mitbestimmt. Die geringsten Fahrwassertiefen auf dem

Abschnitt km 170 ... 0 liegen in den Grenzen 7,3 ... 9,0 m. Damit kann unter Berücksichtigung eines ausreichenden Wasserpollsters zur sicheren Passage der größten Untiefen ein maximaler Tiefgang von 6,60 m zugelassen werden.

Beziehen wir die Sicherheitsvorschriften für Seeschiffe in unsere Betrachtung ein, so muß das regelmäßig Donauhäfen anlaufende Seeschiff ein bestimmtes L/T-Verhältnis haben, das eine gute Manövrierfähigkeit sichert.

Für den maximalen Tiefgang im Strom, der zugleich als Mindesttiefgang auf See angenommen werden kann, soll die maximale Länge ermittelt werden.

Nach Lloyd's Register of Shipping [1] ist

$$T = 0,85 L/14 - 0,0025 (L/14)^2,$$

wobei  $L$  = Länge in [m]

und  $T$  = Tiefgang in [m].

Setzen wir hier  $T = 6,6$  m ein, ergibt sich

$$L = 112 \text{ m},$$

und bei  $B/L = 0,135$

$$B = 15,1 \text{ m}.$$

Die zulässige Schiffsbreite kann auch nach Linblade [2] ermittelt werden, wonach

$$B = 0,1 L + K,$$

wobei  $K$  ein Koeffizient ist, der für Schiffslängen 110 ... 150 m den Wert 4,6 ... 5,2 hat. Danach liegt die Breite des gesuchten Schiffes in den Grenzen 15,8 ... 16,4 m und es ergibt sich ein B/T-Verhältnis von 2,4 ... 2,5.

Nach der bekannten Gleichung von Moumford

$$B/T = 17/\delta$$

kann der Blockkoeffizient ermittelt werden:

$$\delta = 0,71 \dots 0,685.$$

Auf Grund der durchgeführten Berechnungen können für regelmäßig Donauhäfen anlaufende Seeschiffe folgende Hauptdaten angenommen werden:

$$L_L = 112 \text{ m}; B = 16,4 \text{ m}; T = 6,6 \text{ m}; \sigma = 0,685 \dots 0,71$$

Danach ergibt sich

$$D = \sigma \cdot L \cdot B \cdot T \text{ [m}^3\text{]} \approx 8 \ 300 \text{ m}^3$$

Wird der Blockkoeffizient aus ökonomischen Erwägungen auf  $\sigma = 0,76$  erhöht, so ergibt sich  $D \approx 9 \ 200 \text{ m}^3$ .

### 2.3.3. See-Binnenschiffe für die Bedienung bulgarischer Donauhäfen

Der Typ des See-Binnenschiffs erlangte im letzten Jahrzehnt in der UdSSR infolge des Ausbaus der Binnenwasserstraßen im europäischen Teil der RSFSR größere Bedeutung; er ermöglichte den direkten Transport zwischen verschiedenen Stromgebieten über See und damit die Einsparung von Umschlagsoperationen sowie in bestimmten Relationen auch eine wesentliche Verkürzung der Transportwege.

See-Binnenschiffe haben ausreichende Festigkeit für die Fahrt auf See und in gebrochenem Eis, jedoch einen relativ geringen Tiefgang für die Fahrt auf Flüssen und Kanälen. Ihre Fahrgeschwindigkeit variiert in den Grenzen von 18 ... 22 km/h, bei einigen Projekten ist eine Erhöhung auf 24 km/h vorgesehen. Dies entspricht Froude'schen Zahlen von  $F = 0,15 \dots 0,20$ . In Tafel 5 sind die Hauptabmessungen einiger bekannter See-Binnenschiffe und in Bild 8 die Verhältniszahlen zwischen Hauptabmessungen und Blockkoeffizient enthalten.

Ausgehend von dem Engpaß km 48 ... 47 haben wir festgestellt, daß die geplanten Fahrwasserabmessungen gute Schifffahrtsbedingungen sichern und die Passage von Schiffen  $L_L = 148 \text{ m}$ ,  $B = 20 \text{ m}$  gestatten. Dies sind zugleich die maximalen Abmessungen für kombinierte See-Binnenschiffe. Ältere Schiffe dieses Typs haben

eine Länge von 92 m, Neubauten bzw. Projekte erreichen eine Länge von 112 ... 116 m, einige Schiffe der Klasse "M" des sowjetischen Flußregisters auch bis zu 128,6 m.

Tafel 6

Hauptdaten kombinierter See-Binnenschiffe

Lfd. Nr.	Projekt Nr.	Länge /m/	Breite /m/	Tief- gang /m/	$\sigma$	v /km/h/	$F_r$	B/T	L/B	N /PS/
1	781	92,0	13,0	3,46	0,784	21,0	0,194	3,75	7,08	1320
2	791	110,0	13,0	3,35	0,816	18,7	0,158	3,88	8,46	1200
3	2-95 A	110,0	13,0	3,44	0,825	21,0	0,178	3,75	8,46	1400
4	570	112,0	15,0	3,30	0,766	22,0	0,185	4,55	7,47	1600
				4,00	0,785	21,0	0,176	3,75		
5	1553	115,3	13,0	3,54	0,785	20,3	0,168	3,67	8,88	1320
		110,5		3,60	0,772			4,72	6,50	
6	Model		17,0			24,0	0,199			2000
		115,6		5,00	0,766			3,40	6,80	
7	558	128,6	16,5	3,58	0,845	19,5	0,153	4,62	7,76	2000

Die meisten Donauhäfen, darunter auch die bulgarischen, liegen am freien Strom und haben schräge Uferbefestigungen. Bei den für diesen Stromabschnitt charakteristischen starken Wasserstandsschwankungen behindern die Böschungen einen schnellen Umschlag, besonders bei breiten Schiffen. So werden diese Schiffe vorzugsweise in Häfen abgefertigt, die über Becken mit senkrechten Kaiwänden verfügen, wie z.B. Russe und Lom in Bulgarien. Die Hafenareale von 500 x 100 m, die Zufahrten mit Breiten von 70 ... 80 m sowie Schiffsmanöver erschwerende Dalben begrenzen die maximale Schiffslänge praktisch auf 110 ... 120 m. Die entsprechenden anderen Hauptabmessungen resultieren dann aus den angenommenen Verhältnissen L/B und B/T. Nach Bild 8 b variiert das Verhältnis L/B in den Grenzen 7 ... 8; bei Schiffen der Klasse P  $\frac{4}{1}$  C liegt es an der unteren Grenze, bei neuen Projekten sogar bei 6,8 ... 6,5, bei Schiffen der Klasse "M" nahe der oberen Grenze und erreicht zum Teil Werte von 8,9.

Das Verhältnis  $B/T$  liegt bei Schiffen der Klasse "M", die überwiegend auf Binnenwasserstraßen eingesetzt sind, bei 3,7 ... 3,9. Bei See-Binnenschiffen mit zwei Betriebstiefgängen - Fluß und See - liegt  $B/T$  etwa bei 4,7 bzw. 3,4.

Zwecks Erreichung einer möglichst großen Tragfähigkeit bei den limitierten Hauptabmessungen muß unter Variation von Blockkoeffizient und Geschwindigkeit ein Kompromiß zwischen maximaler Tragfähigkeit und maximalem Widerstand gesucht werden. Der optimale Blockkoeffizient wird nach der Kurve  $\sigma = \sigma(F_r)$  in Bild 8 a gefunden. Bei den untersuchten Schiffen stellen wir fest, daß sich bei  $F_r = 0,15 \dots 0,20$  der Blockkoeffizient  $\sigma$  in den Grenzen 0,85 ... 0,785 ändert. Bei  $F_r = 0,185 \dots 0,195$  erreicht der Blockkoeffizient mit  $\sigma = 0,766$  ein Minimum. In der Regel haben die Schiffe der Klasse "M" kleinere Blockkoeffizienten und höhere Froude'sche Zahlen.

Nach diesen Erwägungen können für kombinierte See-Binnenschiffe für den Einsatz auf der unteren Donau folgende Hauptdaten angenommen werden:

$$L_L = 115 \text{ m}; \quad B = 16 \text{ m}; \quad \sigma = 0,785.$$

Der Tiefgang ist unter Berücksichtigung der Bedingungen in allen Fahrtgebieten festzulegen. Dabei ist bei nicht kanalisierten Strömen mit schwankenden Wasserständen die Häufigkeitsverteilung der Wasserstände zu berücksichtigen. Der günstigste Tiefgang des Schiffes liegt dann zwischen den maximalen und den minimalen Tauchtiefen:

$$(h_{\max} - \Delta h) > T > (h_{\min} - \Delta h),$$

wobei  $h_{\max}$  = maximale Fahrwassertiefe

$h_{\min}$  = minimale Fahrwassertiefe

$\Delta h$  = Wasserpolsper unter dem Kiel.

Wie weit der Konstruktionstiefgang des Schiffes die minimale Tauchtiefe überschreitet, hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, darunter von der Häufigkeitsverteilung der Fahrwasser-

und Transittiefen und der Tragfähigkeit des Schiffes. Zur Ermittlung des optimalen Tiefgangs bedarf es noch technisch-ökonomischer Forschungsarbeit. Einleuchtend ist, daß ein Konstruktionstiefgang  $>$  maximale Tauchtiefe bzw.  $<$  minimale Tauchtiefe - nur bei sehr kleinen Schiffen - ausscheidet. Die maximalen Tauchttiefen sind jedoch auf der unteren Donau so groß, daß eine Optimierung unter Berücksichtigung von Widerstand und B/T-Verhältnis notwendig erscheint.

Bekanntlich haben kombinierte See-Binnenschiffe ein B/T bis zu 4,7, zusammenhängend mit der Tiefgangsbeschränkung von 3,3 ... 3,6 m und dem Bestreben, bei begrenzter Länge eine möglichst große Ladefähigkeit zu erreichen, was nur durch Vergrößerung der Breite möglich ist. Bei  $B = 16$  m und einem  $B/T = 4,7$  m erhalten wir einen Tiefgang  $T = 3,4$  m, eine Verdrängung  $V \approx 5\,000\text{ m}^3$  und eine Tragfähigkeit  $Q \approx 3\,500$  t. Dieser Tiefgang gilt unter dem Vorbehalt, daß die Wassertiefen den Schiffstiefgang nicht begrenzen. Der definitive Konstruktionstiefgang kann erst nach Abschluß der technisch-ökonomischen Forschungsarbeit festgelegt werden, wobei die Transittiefen, ihre Häufigkeitsverteilung, die Strömungsgeschwindigkeit und die Fahrwassertiefen gemäß Tafel 4 berücksichtigt werden müssen. Ausgehend von den Transittiefen des Niedrigwasserjahres 1962 müssen verschiedene Tiefgangsvarianten untersucht und jeweils Wasserverdrängung, Tragfähigkeit, Baukosten und Betriebskosten für ein Betriebsjahr gegenübergestellt werden. Als ökonomische Kriterien für die Optimalvariante können dabei das Minimum der Bau- und Betriebskosten angewendet werden.

Der Einsatz von Schiffen im kombinierten See-Binnenverkehr mit Transportgut aus dem Einzugsgebiet des Dnepr sowie aus Häfen des Schwarz- und Mittelmeeres zu den bulgarischen Donauhäfen ist auch unter den gegenwärtigen Fahrwasserverhältnissen der unteren Donau möglich. So können die bulgarischen Donauhäfen gemäß Tafel 4 an 150 Tagen im Jahr mit einem Tiefgang von 3,4 m und an 194 Tagen mit einem Tiefgang von 3 m angelaufen werden.

Mit fortschreitendem Ausbau der Donau werden sich die Bedingungen für den Einsatz kombinierter See-Binnenschiffe weiter verbessern, so daß dieser Schiffstyp auch für den Bereich der oberen Donau eine gute Perspektive hat.

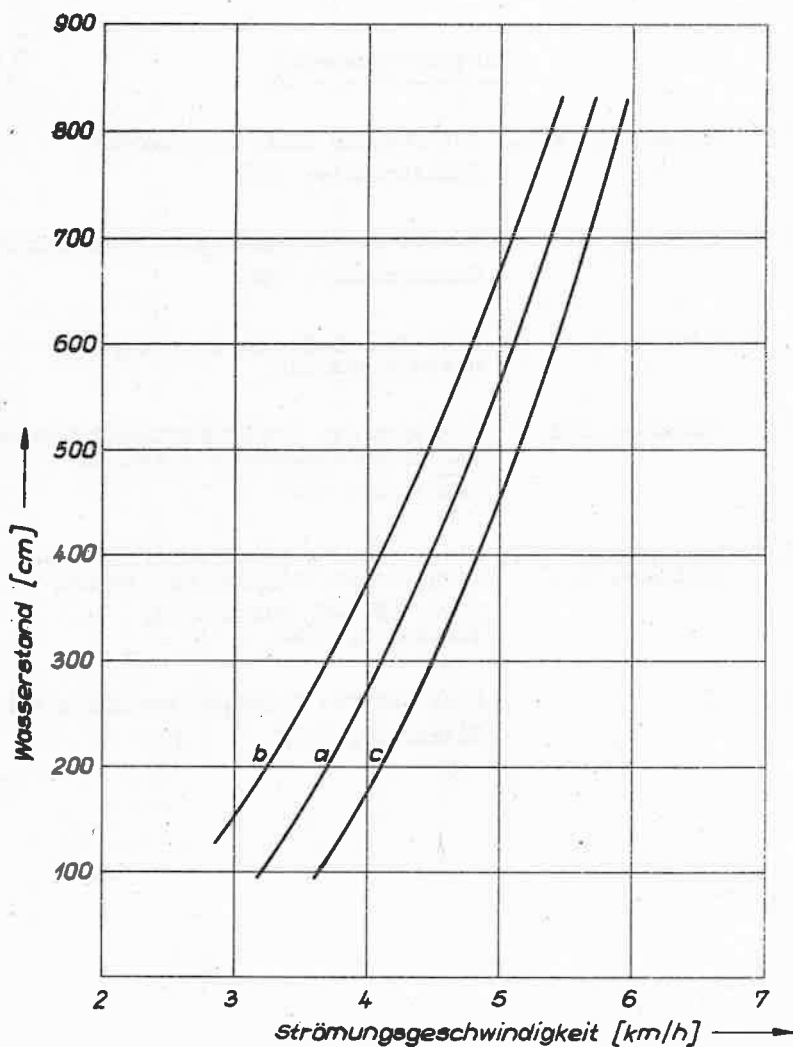
### Resümee

Vorstehend wurden einige Entwurfsdeterminanten für kombinierte See-Binnenschiffe für das Einsatzgebiet untere Donau behandelt, darunter die Strömungsgeschwindigkeiten, die Transittiefen und das Verhältnis zwischen Wasserstand und Fahrwassertiefe auf dem Abschnitt km 845 ... 375. Des weiteren wurden Diagramme für die Ermittlung maximal zulässiger Schiffsabmessungen, bezogen auf die kritischen Krümmungen der unteren Donau beim derzeitigen und beim geplanten Ausbauzustand erarbeitet. Untersucht wurden die Einsatzmöglichkeiten von Motorgüterschiffen, die für andere Fahrtgebiete gebaut oder geplant wurden. Auch die maximal möglichen Abmessungen von Schubverbänden wurden ermittelt. Im kombinierten See-Binnenverkehr könnte ein Schiff  $L_L \approx 115$  m;  $B \approx 16$  m;  $T \approx 3,4$  m mit einer Tragfähigkeit von 3 500 ... 3 600 t eingesetzt werden. Nach Vollendung des vorgesehenen Ausbaus des in Betracht kommenden Donau-Abschnitts und entsprechender Verbesserung der Tauchtiefen können die Hauptabmessungen der seegehenden Binnenschiffe darüber hinaus erhöht werden.



### Literaturnachweis

- [ 1 ] Baranowski, M.E.: Schiffe für Schüttgutverkehr  
Sudostroenie, 1967
- [ 2 ] Lindblad, A.: Umrißlinienentwurf der Handelsschiffe  
Sudostroenie, 1965
- [ 3 ] Nikolow, P.: Also-Duna hajozasi melysegeinek  
előrejelzések  
előrejelzések
- [ 4 ] Pawlenko, W.G. Elemente der Schiffsnavigationstheorie  
der Binnenwasserwege - Teil II  
Transport, 1964
- [ 5 ] Osmolowski, A.K.; Flachgehendes Frachtschiff mit ver-  
änderlichem Tiefgang und Breite  
Borissow, W.: Trudy ZNIMF, Ausgabe 93,  
Transport, 1968
- [ 6 ] ... Handbuch für Transportserienschiffe  
Transport, 1967



**Bild 1:** Zusammenhang zwischen Wasserstand und maximaler Strömungsgeschwindigkeit im Fahrwasser

- a) km 845 ... 375
- b) km 845 ... 595
- c) km 590 ... 375

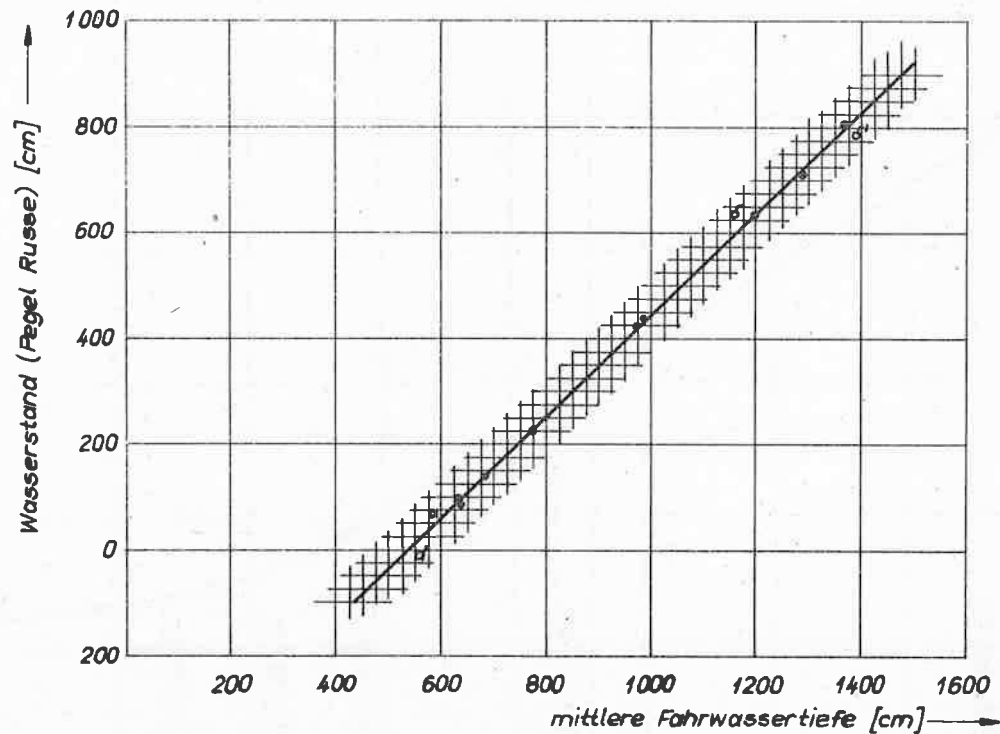


Bild 2: Zusammenhang zwischen dem Wasserstand (Pegel Russe) und der mittleren Fahrwassertiefe km 845 ... 375

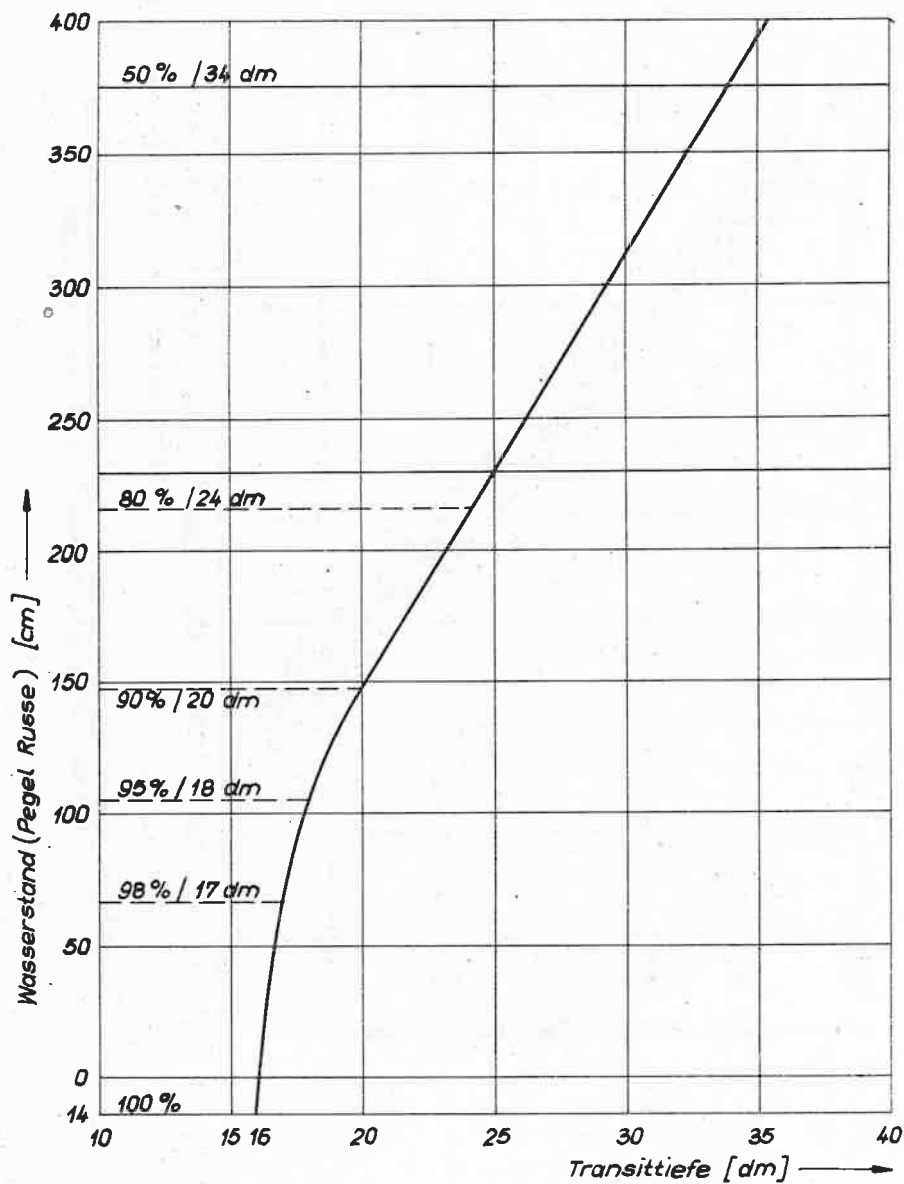


Bild 3. Garantierte Transittiefen im Jahre 1962  
km 150 ... 845

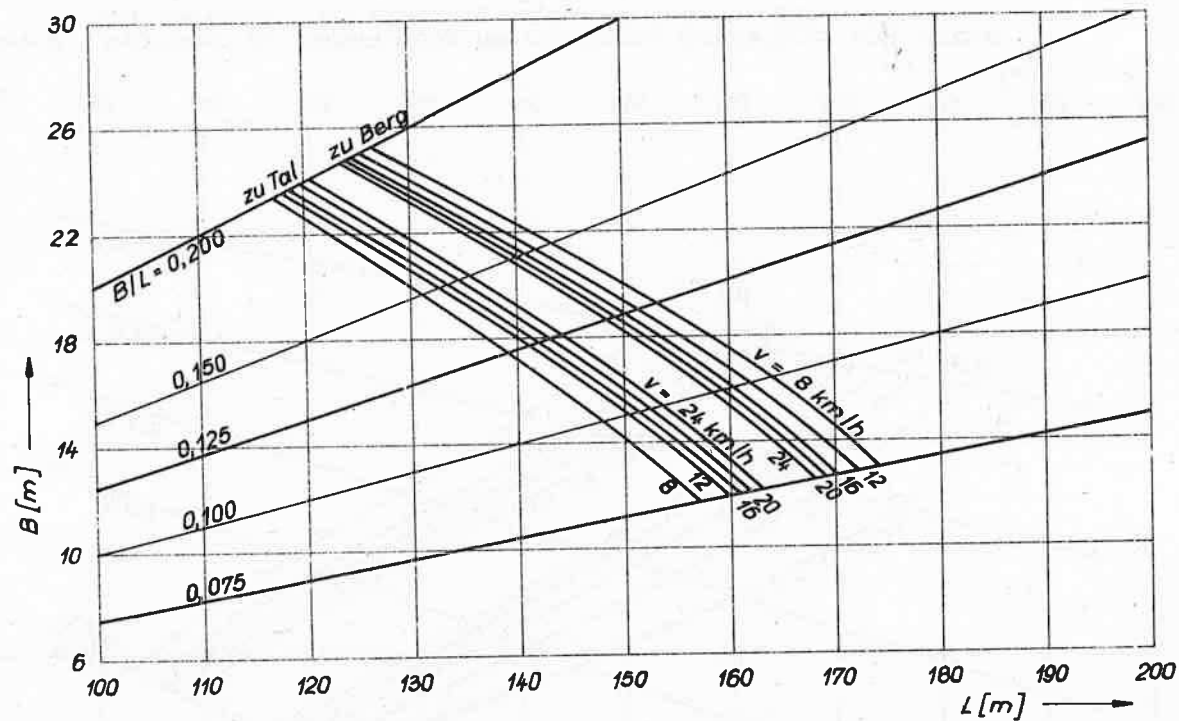


Bild 4: Diagramm zur Bestimmung der maximalen Schiffslänge und -breite bei  $R = 750$  m;  $b = 60$  m;  $v_w = 1,8$  km/h für km 170... 0

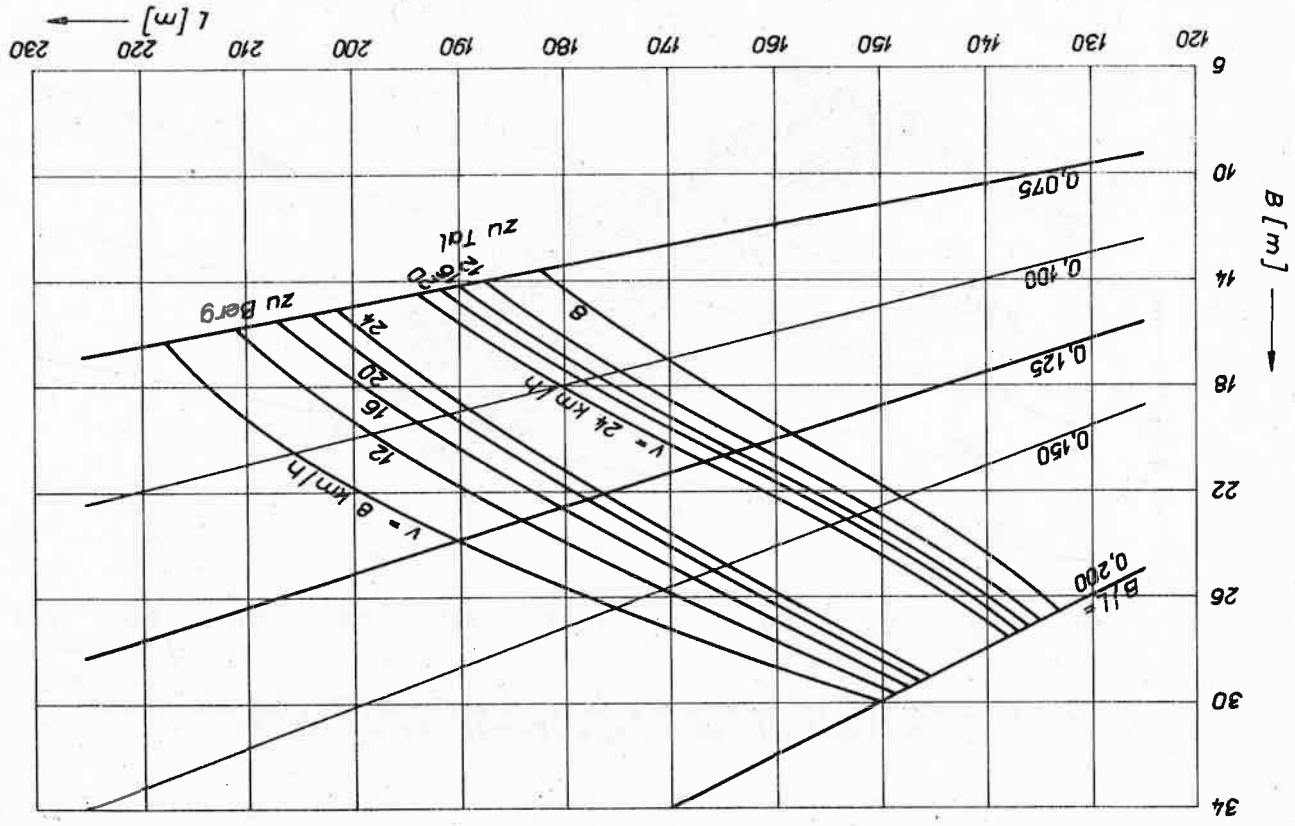


Bild 5 : Diagramm zur Bestimmung der maximalen Schiffsdränge und -breite bei  $R = 1000\text{m}$  ;  $b = 70\text{m}$  ;  $v_w = 3,0\text{ km/h}$  für km 934 ... 170

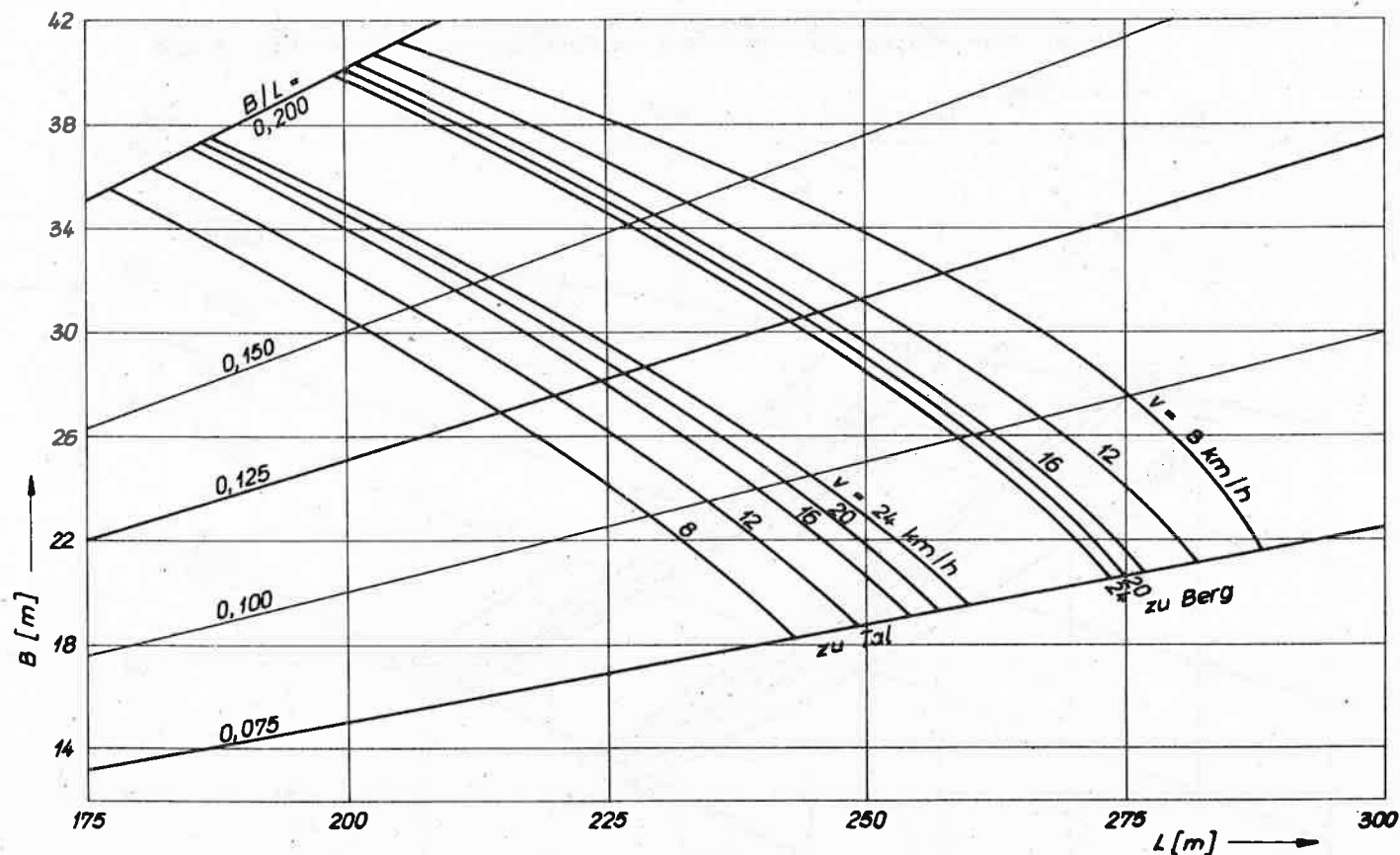


Bild 6 : Diagramm zur Bestimmung der maximalen Schiffslänge und -breite  
bei  $R = 1000$  m ;  $b = 100$  m ;  $v_w = 3,08$  km/h für km 931...170

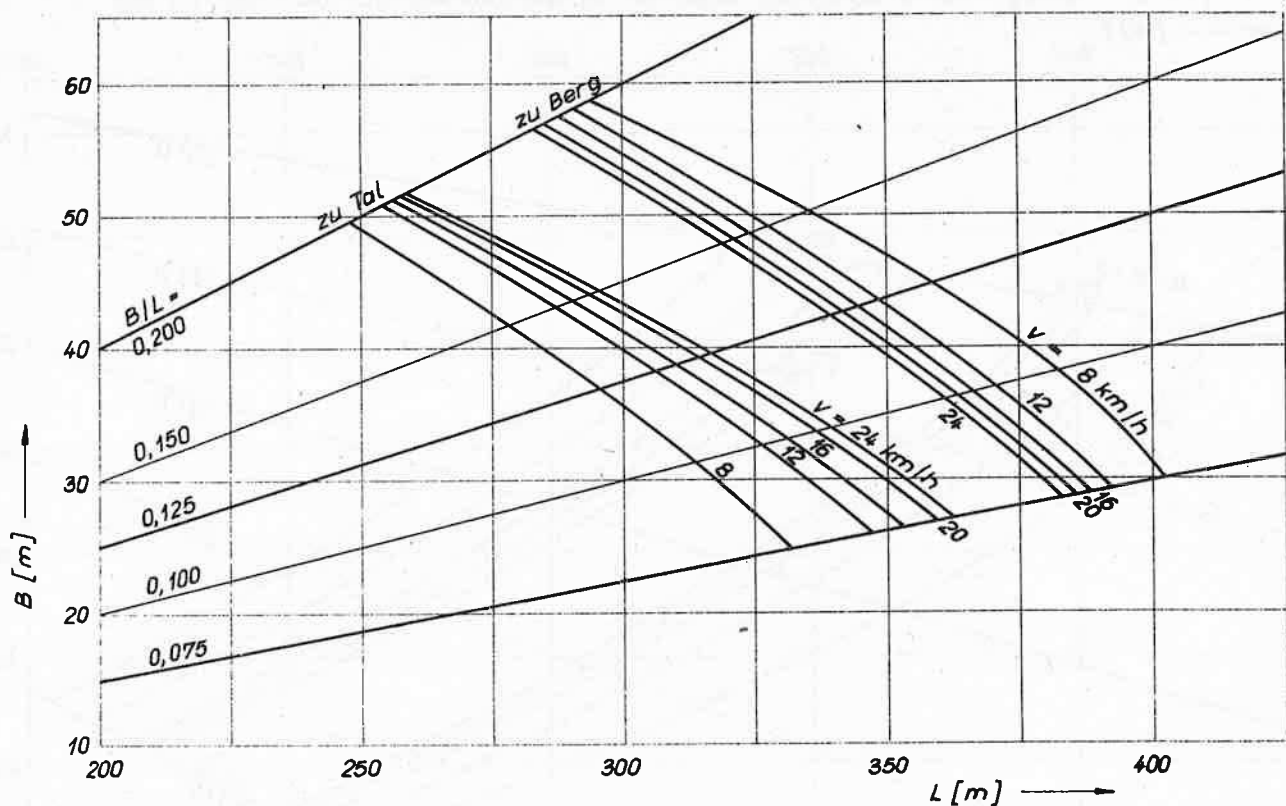


Bild 7: Diagramm zur Bestimmung der maximalen Schiffslänge und -breite bei  $R = 1000 \text{ m}$ ;  $b = 150 \text{ m}$ ;  $v_w = 3,08 \text{ km/h}$  für km 931...170



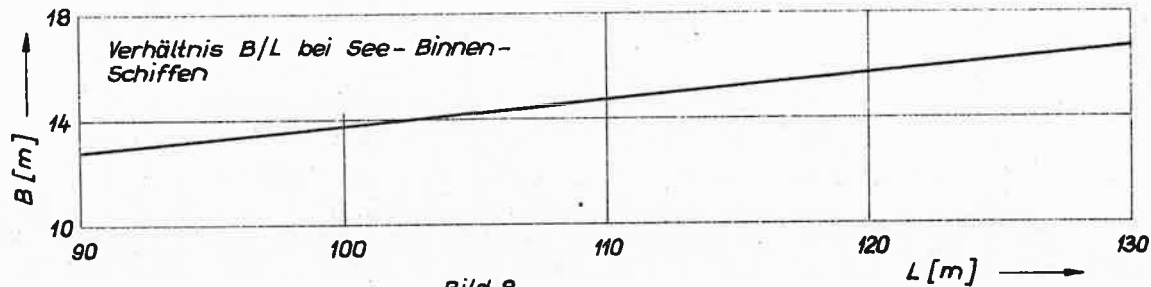
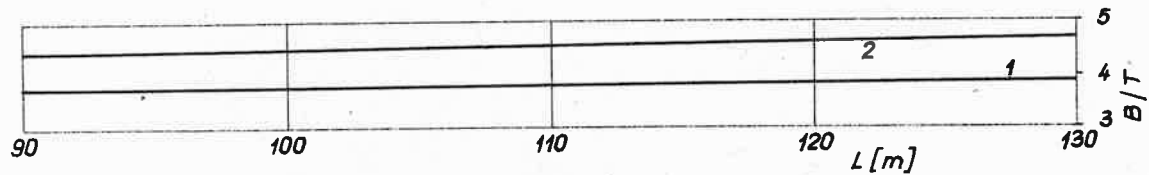
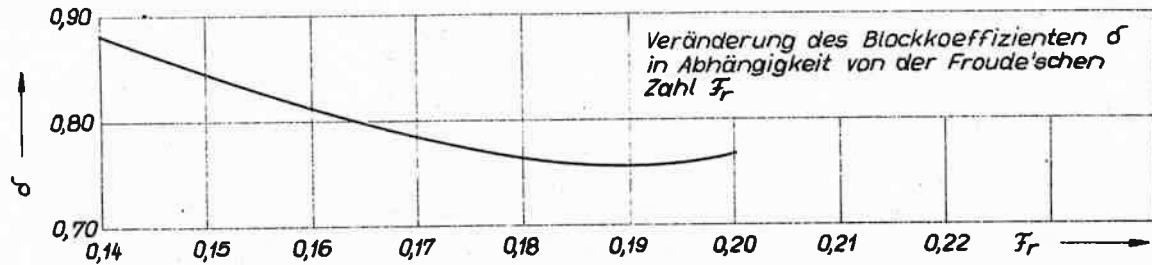


Bild 8